

УДК 582.732:502.63(477.64)

Н. В. Капелюш, В. П. Бессонова

*Запорізький національний університет,  
Дніпропетровський державний аграрний університет***СЕРЕДОВИЩЕОЧИЩУВАЛЬНА РОЛЬ *PLATANUS ORIENTALIS*  
У НАСАДЖЕННЯХ САНІТАРНО-ГІГІЄНИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

Подано аналіз повітроочищувальної ролі платанів (*Platanus orientalis* L.) в умовах забруднення навколишнього середовища. Дослідження показали достатньо високу здатність платанів до очищення повітря від сполук сірки, фтору, хлору та фенолів.

The analysis of air clearing role of *Platanus orientalis* L. trees under conditions of environmental contamination is represented. The research has shown sufficiently high ability of the plane-trees to the air cleansing from compounds of sulfur, fluorine, chlorine and phenols.

**Вступ**

Унаслідок функціонування промислових підприємств до атмосфери надходить велика кількість шкідливих газоподібних речовин. Найбільше небезпечні фториди, хлориди, газоподібні сполуки сірки, оксиди азоту. Вихлопні гази автотранспорту – самостійне джерело забруднення.

Головними санітарами міського повітря вважаються рослинні насадження. Ще у 1938–1967 роках у роботах А. А. Адамової, Н. Г. Кротової, В. А. Рязанова визначалася середовищеочищувальна роль рослин від токсичних газів, що надходять у повітря внаслідок функціонування промислових підприємств [1; 12; 15]. Результати польових та лабораторних дослідів показали, що листя рослин поглинає із повітря  $SO_2$ ,  $H_2S$  [4; 8; 11],  $NH_3$  [14], феноли [5; 7], оксиди азоту [7], інші органічні та неорганічні сполуки та трансформує їх у тканинах рослинного організму [4; 7; 16].

Останнім часом для озеленення вулиць промислових міст південного сходу України застосовують платан східний. Він формує добре розвинену густу крону, досить толерантний до забруднення [9]. Проте його середовищеочищувальна здатність не вивчена. Мета даного дослідження – проаналізувати газоакумулювальну здатність листків платана східного за умов забруднення повітря інгредієнтами промислових викидів та вихлопів автотранспорту. Одержані результати можуть бути застосовані в озелененні територій із різним типом забруднення довкілля, для екологічних розрахунків та оцінки реальних можливостей рослинності в оздоровленні повітря.

**Матеріал і методи досліджень**

Проведено порівняльний аналіз накопичення інгредієнтів техногенних викидів у листі цього інтродукованого виду та аборигенних видів *Acer pseudoplatanoides* (клен гостролистий) та *Tilia cordata* (липа серцелиста). Як об'єкти дослідження використовували вид *Platanus orientalis* L. Дослідні рослини зростали на ділянках санітарно-гігієнічного призначення, що відрізнялися рівнем запиленості та якісним складом забруднення. Перша ділянка знаходилася у зоні поширення емісій металургійного комбінату. У цьому районі концентрації фенолу,  $SO_2$ ,  $NO_2$  та важких металів перевищують ГДК у 1,3–4,3 раза. Ділянка 2 розташована поблизу алюмінієвого заводу, який викидає 12 787 тонн промислових викидів на рік. Основними забруднювачами у цих викидах є фториди, диоксиди азоту, сірчасті та хлористі сполуки, які перевищували ГДК у 1,6–4,8 раза. Ділянка 3 обрана на території трансформаторного

© Н. В. Капелюш, В. П. Бессонова, 2007

59

заводу, який дає 107 т промислових викидів на рік. Максимальну концентрацію у цих викидах складають оксиди нітрогену (49,9 т), ксилол (4,2 т), толуол (1,4 т), які перевищують ГДК у 1,3–2,5 раза. Ділянка 4 розташована поблизу заводу “Іскра”. У цьому районі концентрації оксиду нітрогену (44,8 т), ксилолу (4,1 т), толуолу (1,8 т) перевищували ГДК у 0,8–1,2 раза. Ділянка 5 розташована поблизу автомобільного шляху з інтенсивним рухом автомобільного транспорту.

Листя для аналізу відбирали з південно-східного боку дерев із середньої частини крони (2–3-й листки пагонів відновлення). Визначення сірки проводили ваговим, хлору – аргентометричним методами [3], фенолів – за прописом Л. Г. Долгової, Ж. Т. Козюкіної [5]. Кількість фтору визначали за Л. А. Хаземовою зі співавторами [20]. Накопичення сірки, фтору, хлору, фенолів проводили щомісячно протягом вегетації рослин. Кількісні показники їх акумуляції перераховували на фітомасу листків дерева. Фітомасу визначали за Ю. Л. Цельникер [21].

### Результати та їх обговорення

Найважливішими компонентами забруднювачів повітря, що містять сірку, є оксид сірки, сірководень та аерозолі сульфатів. Сірка – важливий мікроелемент, роль якого у метаболізмі рослин надзвичайно велика. Кількість цього елемента у період завершення ростових процесів листків *Platanus orientalis* (рис. 1) у контрольному варіанті дещо нижча, ніж після їх розгортання. Це, можливо, пояснюється ефектом “розбавлення”, коли надходження сірки до листків відбувається менш інтенсивно, ніж збільшується маса даного органа. Надалі, з досягненням цими органами постійної величини, кількість елемента дещо підвищується й у наступні місяці суттєво не змінюється.

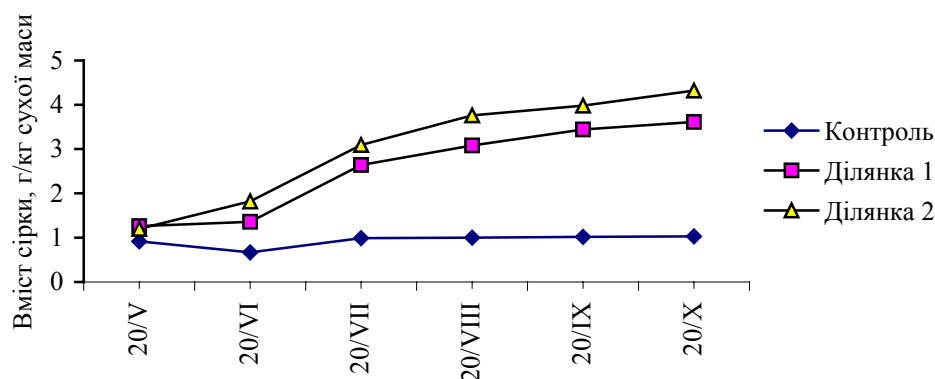


Рис. 1. Динаміка вмісту сірки у листках *P. orientalis*

Інша динаміка сірки спостерігається у листках рослин дослідних варіантів. Кількість елемента поступово зростає протягом усієї вегетації на обох ділянках. На початку вегетації (травень) акумуляція сірки виражається меншою величиною, ніж у наступні місяці. Найзначніше кількість елемента збільшилася у листках обох дослідних ділянок у період з 15 червня по 15 липня. Якщо у травні його вміст становив 136,9 (ділянка 1) та 130,4 % (ділянка 2) до контрольних значень, то у липні ця величина дорівнює 223,9 та 271,6 % відповідно. Слід враховувати, що рушійною силою поглинання рослиною газоподібних сполук сірки, як і інших забруднювачів, є дифузія молекул головним чином через продиhi [13; 16]. Чим сильніше опушені листки, тим менше вони поглинають  $SO_2$  [2]. У *P. orientalis* листки на початку вегетації мають сильне опушення, яке потім обвітрюється, тобто кількість волосків значно

зменшується. Цим і можна пояснити більші темпи акумуляції сірки у середині та другій половині вегетації, ніж на її початку.

Найвищі показники вмісту сірки в листках рослин дослідних варіантів виявлені в кінці вегетаційного періоду. Так, у рослин ділянки 1 (Парк металургів м. Запоріжжя) вміст сірки у жовтні складає 286 % до її кількості на цій же ділянці в травні, у рослин ділянки 2 (у зоні емісії алюмінієвого заводу) – 360 %.

Найвищий вміст сірки у листках рослин *P. orientalis* (табл. 1) виявлений на ділянці 2 ( $4,32 \pm 0,21$  г/кг сухої ваги), де забруднення повітря сполуками сірки найзначніше. У рослин цього варіанта кількість елемента в одиниці маси листка зростає у 3,6 раза порівняно з контролем. Найменше накопичення сірки визначено на ділянках 4 та 5 із нижчим рівнем забруднення даним інгредієнтом промислових викидів. Отже, при зростанні ступеня забруднення повітря сполуками сірки вміст елемента у листках збільшується.

Таблиця 1

**Накопичення забруднювачів повітря у листках деревних рослин за період вегетації**

Варіант	<i>F</i> , мг/кг сухої маси	<i>Cl</i> , г/кг сухої маси	<i>S</i> , г/кг сухої маси	Фенол, мг/кг сухої маси
<i>P. orientalis</i>				
Контроль	$1,62 \pm 0,25$	$1,61 \pm 0,15$	$1,02 \pm 0,18$	$50,60 \pm 0,44$
Ділянка 1	$139,93 \pm 1,12$	$5,56 \pm 0,29$	$3,61 \pm 0,26$	$426,00 \pm 6,32$
Ділянка 2	$396,72 \pm 2,36$	$10,40 \pm 0,32$	$4,32 \pm 0,21$	$595,60 \pm 5,26$
Ділянка 3	$75,03 \pm 1,31$	$7,90 \pm 0,61$	$2,33 \pm 0,36$	$115,30 \pm 7,36$
Ділянка 4	$17,78 \pm 0,49$	$3,20 \pm 0,24$	$1,45 \pm 0,24$	$216,16 \pm 8,11$
Ділянка 5	$19,23 \pm 0,52$	$4,70 \pm 0,30$	$1,65 \pm 0,19$	$62,20 \pm 0,48$
<i>A. pseudoplatanoides</i>				
Контроль	$2,15 \pm 0,12$	$2,10 \pm 0,13$	$0,90 \pm 0,11$	$4,68 \pm 0,56$
Ділянка 1	$146,45 \pm 1,10$	$6,46 \pm 0,11$	$4,56 \pm 0,12$	$518,11 \pm 5,62$
Ділянка 2	$420,50 \pm 2,11$	$15,31 \pm 0,25$	$5,90 \pm 0,14$	$1845,24 \pm 18,06$
Ділянка 3	$99,86 \pm 1,44$	$11,80 \pm 0,46$	$3,84 \pm 0,52$	$126,62 \pm 7,21$
Ділянка 4	$42,51 \pm 0,64$	$8,20 \pm 0,32$	$3,10 \pm 0,22$	$236,24 \pm 8,32$
Ділянка 5	$46,12 \pm 0,58$	$9,80 \pm 0,26$	$3,32 \pm 0,18$	$8,52 \pm 0,44$
<i>T. cordata</i>				
Контроль	$1,86 \pm 0,09$	$2,45 \pm 0,12$	$1,25 \pm 0,14$	$4,12 \pm 0,63$
Ділянка 1	$150,40 \pm 2,30$	$7,24 \pm 0,14$	$4,40 \pm 0,20$	$512,00 \pm 5,14$
Ділянка 2	$431,20 \pm 3,20$	$18,19 \pm 1,10$	$5,31 \pm 0,18$	$1741,00 \pm 16,89$
Ділянка 3	$112,46 \pm 1,52$	$12,60 \pm 0,84$	$3,62 \pm 0,24$	$128,26 \pm 7,08$
Ділянка 4	$58,16 \pm 0,86$	$9,60 \pm 0,28$	$2,86 \pm 0,12$	$229,00 \pm 8,12$
Ділянка 5	$61,12 \pm 0,24$	$11,40 \pm 0,33$	$2,98 \pm 0,21$	$8,56 \pm 0,52$

Газоподібний хлор виділяється в атмосферу при різних технологічних процесах багатьох підприємств. Він викидається набагато рідше, ніж *HCl*. Але час від часу мають місце неорганізовані аварійні викиди. Газоподібний хлор здатний надходити у рослини з повітря через продиhi. При тривалій емісії відносно низьких концентрацій *HCl* в атмосферу листки рослин адсорбують цю сполуку разом із солями, що містять іони хлору. Відкладання іонів *Cl* відбувається переважно в апікальних або крайових ділянках листка. Вважається, що аналіз цих органів на загальний вміст іонів хлору – ефективний метод діагностики хронічного впливу *HCl* та хлору [18].

Хлор – фізіологічно необхідний елемент, що міститься у мікрокількостях у всіх органах рослин. У листках контрольних рослин вміст елемента протягом вегетації підвищується (рис. 2). Подібний характер динаміки накопичення хлору має місце і в листках рослин, що зростали за умов забруднення атмосферного повітря. На дослідних ділянках із техногенним забрудненням повітря темпи збільшення кількості елемента в листках дослідних рослин набагато вищі. Найзначніше накопи-

чення хлору за вегетацію на одиницю маси виявлено у рослин поблизу алюмінієвого комбінату, який межує з металургійним промисловим комплексом (див. табл. 1). Концентрація елемента в листках становить 645,9 % від контрольних значень.

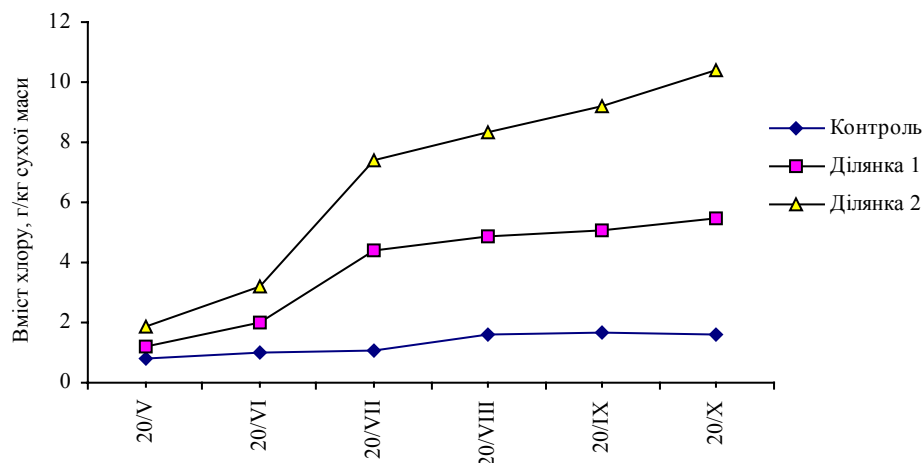


Рис. 2. Динаміка вмісту хлору в листках *P. orientalis*

Значне накопичення хлору відбувається у листках рослин, що зростають на території трансформаторного заводу та Парку металургів (490,7 та 345,3 % від контрольних значень). Слід зазначити, що у листках *P. orientalis* Парку металургів рівень накопичення хлору майже не відрізняється від концентрації у рослин вуличного насадження, хоча останні ростуть на відстані 5 км від промислових джерел забруднення. Це пов'язано з великою кількістю хлоридів (магнію, кальцію, натрію), що надходять у ґрунти при використанні солей для боротьби з ожеледицею. Зазвичай одноразово на 1 м<sup>2</sup> дорожнього покриття використовують 50–70 г, а за зимовий період – від 0,6 до 2,7 кг солі [2]. У м. Запоріжжя кожної зими використовують до 320 т/рік суміші проти ожеледиці.

Накопичення хлору в листках *P. orientalis* у перерахунку на дерево відображає середовищеочищувальну здатність рослин (табл. 2). Кількість елемента, що накопичує листкова маса одного дерева за вегетацію, становить від 38,4 на ділянці 4 (територія заводу “Іскра”) до 94,4 г/кг на ділянці 2 (територія алюмінієвого комбінату).

Головне джерело надходження фтору у навколишнє середовище – алюмінієві заводи, у меншій мірі – підприємства, що виготовляють керамічні, емалеві, цегляні вироби тощо. Значне поглинання сполук фтору листками обумовлене перш за все доброю розчинністю у воді та високою реакційною здатністю цих речовин. Рослини поглинають фтор із атмосферного повітря ефективніше, ніж будь-який інший поллютант [22].

За результатами наших досліджень, у листках рослин відносно чистої зони концентрація фтору незначна. Найнижча вона у травні – 0,36 мг/кг сухої маси листків (рис. 3). Кількість фтору протягом вегетації підвищується, особливо восени. У жовтні вона складає 3,69 мг/кг. Отримані значення природного вмісту фтору в листках *P. orientalis* значно нижчі за максимально можливі за літературними даними для рослин, які зростають у вільних від промисловості районах. Максимальний природний вміст фторидів у таких рослин – до 20 мг/кг [23; 24].

Характер змін кількості фтору у процесі вегетації у листках *P. orientalis* дослідних ділянок такий, як у контролі. Спостерігається підвищення вмісту елемента з травня по жовтень. Однак концентрація фітотоксиканта в листках рослин техногенних територій значно вища.

Як видно з табл. 1, за вегетацію у листках рослин дослідних ділянок накопичується різна кількість фтору, що визначається рівнем забруднення. Найвищий він на ділянці 2, розташованій у сфері прямої дії викидів алюмінієвого заводу.

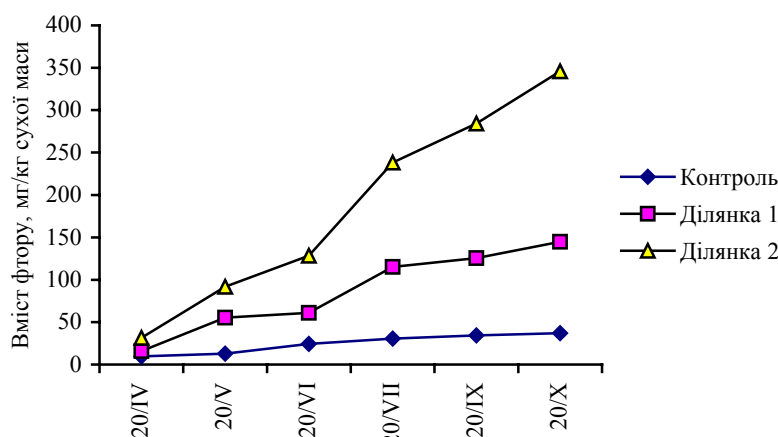


Рис. 3. Динаміка вмісту фтору в листках *P. orientalis*

Таблиця 2

Середовищеочищувальна роль деревних рослин за період вегетації  
у перерахунку на дерево (сухої маси)

Варіант	$F$ , мг	$Cl$ , г	$S$ , г	Фенол, мг
<i>P. orientalis</i>				
Контроль	16,71±2,08	17,63±1,46	11,22±1,42	561,00±4,27
Ділянка 1	1417,08±20,31	56,12±4,27	36,41±2,14	4345,21±19,36
Ділянка 2	3726,00±35,16	94,37±10,16	48,61±2,46	6697,86±21,15
Ділянка 3	862,89±15,64	75,85±8,11	26,79±1,14	1322,56±51,46
Ділянка 4	189,36±4,27	38,41±3,44	17,41±2,02	2592,04±11,32
Ділянка 5	207,69±6,21	49,96±6,11	17,82±1,31	669,60±8,63
<i>A. pseudoplatanoides</i>				
Контроль	15,58±0,80	15,22±1,26	6,23±1,11	48,16±3,26
Ділянка 1	872,84±18,21	41,48±5,24	27,17±1,26	2864,52±36,28
Ділянка 2	2184,00±56,24	79,61±8,64	30,68±2,06	8256,66±52,14
Ділянка 3	528,32±12,76	65,18±5,22	21,46±0,84	964,34±28,64
Ділянка 4	146,23±2,53	24,62±1,26	14,28±0,86	1236,24±12,52
Ділянка 5	184,56±5,23	32,66±4,82	14,53±0,92	48,62±6,64
<i>T. cordata</i>				
Контроль	13,48±0,56	15,45±1,13	7,88±1,34	32,27±3,24
Ділянка 1	810,95±16,14	25,41±2,36	23,36±1,84	2116,32±26,68
Ділянка 2	2026,64±54,32	85,49±8,64	24,95±1,68	7432,54±46,16
Ділянка 3	508,62±14,56	62,38±4,22	18,64±0,87	628,37±24,06
Ділянка 4	128,34±3,32	21,52±1,08	12,08±0,36	886,36±44,06
Ділянка 5	168,47±4,22	28,42±3,56	12,46±0,52	32,56±3,18

Аналіз накопичення фтору за вегетацію на одиницю маси показує, що за ступенем збільшення його у листі *P. orientalis* дослідні ділянки розташовуються так: ділянка 3 < ділянка 1 < ділянка 2. У листі рослин, що зростали на території радіозаводу (ділянка 4) та у вуличних насадженнях (ділянка 5) також виявлено незначне накопичення цього забруднювача. Рослини звичайно поглинають відносно мало фторидів із ґрунту, навіть якщо їх уміст високий. При цьому корені в основному акумулюють фториди з ґрунту, а листя – з атмосфери [19]. Тому можна вважати, що більша кількість фтору, що акумулюється у листі, надходить з атмосфери.

Загальна здатність до накопичення фтору асиміляційною поверхнею одного дерева наведена у табл. 2. Одне дерево *P. orientalis* акумулює від 189,4 мг фтору на ділянці 4, до 3726,0 мг – на ділянці 2.

Фенол та його похідні – поширені токсичні забруднювачі довкілля. Рослини здатні поглинати їх із повітря [5; 11] і трансформувати у природні метаболіти [7]. Нами виявлено підвищення кількості фенолу стосовно контрольних значень у листі дерев *P. orientalis*, що зростали на ділянках 1, 2, 3 та 4 (табл. 1). Найбільше накопичення фенолу за вегетацію на одиницю маси визначено у листі рослин ділянки 2 (поблизу алюмінієвого заводу) та ділянки 1 (Парк металургів). У листі рослин ділянки 2 їх кількість перевищує контрольні значення у 8,4 раза, на ділянці 1 – у 11,7 раза. Це корелює з найсуттєвішим рівнем забруднення повітря фенольними сполуками на обстежених ділянках порівняно з іншими моніторинговими точками. Значення вмісту фенолів у листі рослин контрольного варіанта і вуличного насадження (ділянка 5) статистично не відрізняються.

Дані про накопичення фенолу у листках *P. orientalis* за вегетацію у перерахунку на дерево (табл. 2) вказують на достовірні розбіжності за ступенем акумуляції даної сполуки між рослинами різних промислових ділянок.

Дослідження динаміки накопичення фенолу в листках (рис. 4) свідчать про те, що в кінці вегетації вміст цієї сполуки значно підвищується. В. П. Тарабрін зі співавторами [17] також відмічають меншу кількість чужорідних фенолів у листі ряду рослин у першій половині вегетаційного періоду порівняно з пізнішими строками, що автори пояснюють змиванням аерозолів фенолів із поверхні листків дощами, які випадали у цей період. Поступове підвищення вмісту фенолу у листі рослин спостерігали Л. Г. Долгова та Ж. Т. Козюкіна [5].

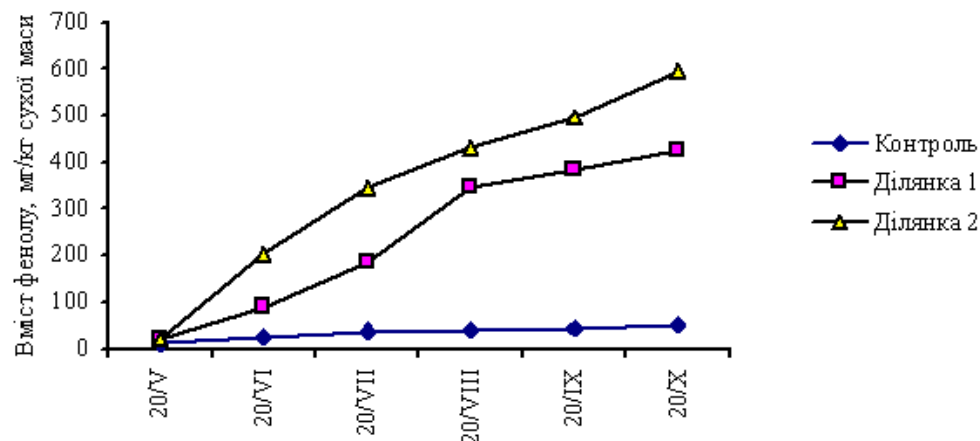


Рис. 4. Динаміка вмісту фенолу у листі *P. orientalis*

Фенол, який надходить у рослини, іммобілізується у тих органах, на які він діє безпосередньо. При внесенні фенолів у живильне середовище він не пересувався у надземні органи дослідних рослин (дуб звичайний, каштан кінський звичайний). Така ж картина виявлена і при фумігації рослин парами фенолу. У стеблах і коренях цей токсикант не накопичувався [19]. Отже, визначена кількість фенолів, що міститься в листі *P. orientalis*, відображає процес поглинання їх із повітря листям.

Порівняння газопоглинальної здатності листя *P. orientalis* та таких видів як *A. pseudoplatanoides* та *T. cordata* на одиницю сухої маси свідчить, що у платана вона дещо менша (табл. 1). Це викликає менше пошкодження листків, що дозволяє рослині зберігати функціональну активність листової поверхні до пізньої осені. Менше

поглинання забруднювачів порівняно з вищевказаними видами можна пов'язати з тим, що листки *P. orientalis* мають товстішу кутикулу та значне опушення, особливо у першу половину вегетації. Крім того, за умов забруднення довкілля будова листка у *P. orientalis* набуває ксероморфної структури [10]. Але, враховуючи велику вегетативну масу та вищий рівень морфологічної стійкості *P. orientalis* порівняно з *A. pseudoplatanoides* та *T. cordata*, акумуляція листками фітотоксикантів за вегетацію у перерахунку на дерево вища, ніж у аборигенних видів.

### Висновки

Акумуляція фітотоксикантів листям *P. orientalis* за вегетацію у перерахунку на дерево значно більша, ніж у аборигенних видів *A. pseudoplatanoides* та *T. cordata*. Аналіз повітроочищувальної ролі платанів в умовах забруднення навіколишнього середовища показав достатньо високу здатність платанів до очищення повітря.

### Бібліографічні посилання

1. Адамова Н. А. Защитная роль зеленых насаждений в отношении пыли и дыма // Жилой квартал. – М.: Медицина, 1938. – Т. 11. – С. 36–48.
2. Артамонов В. И. Растения и чистота природной среды. – М.: Наука, 1986. – 172 с.
3. Бессонова В. П. Методи фітоіндикації в оцінці екологічного стану довкілля. – Запоріжжя: Вид-во ЗДУ, 2001. – 196 с.
4. Гетко Н. В. Растения в техногенной среде. Структура и функция ассимиляционного аппарата. – Минск: Наука и техника, 1989. – 208 с.
5. Долгова Л. Г. До питання про біологічне очищення атмосфери в умовах коксохімічних підприємств / Л. Г. Долгова, Ж. Т. Козюкіна // Укр. бот. журн. – 1972. – Т. 29, № 2. – С. 172–175.
6. Долгова Л. Г. Методические указания к выполнению лабораторных работ по спецкурсу «Физиологические основы устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды» / Л. Г. Долгова, Ж. Т. Козюкіна, В. Н. Кучма. – Д.: ДГУ, 1988. – 12 с.
7. Дурмишидзе С. В. Метаболизм растениями некоторых органических соединений, загрязняющих атмосферу // Прикладная биохимия и микробиология. – 1977. – Т. 13, № 6. – С. 838–846.
8. Илькун Г. М. Загрязнители атмосферы и растения. – К.: Наукова думка, 1978. – 217 с.
9. Капелюш Н. В. Динаміка каротиноїдів у листках рослин *Platanus orientalis* L., що знаходяться під впливом викидів автотранспорту / Н. В. Капелюш, В. П. Бессонова // Питання біоіндикації та екології. – Запоріжжя: ЗДУ, 2004. – Вип. 9, № 1. – С. 95–104.
10. Капелюш Н. В. Зміна анатомічних показників листків *Platanus orientalis* L. під дією промислових емісій (техногенного навантаження) / Н. В. Капелюш, В. П. Бессонова // Інтродукція рослин. – 2005. – № 1. – С. 81–87.
11. Красинский Н. П. Теоретические основы построения ассортимента газоустойчивых растений // Дымоустойчивость растений и дымоустойчивые сорта. – М.: Горький, 1950. – С. 9–109.
12. Кротова Н. Г. Влияние задымленности воздуха на рост и развитие сосны в зоне ТСХА // Докл. ТСХА. – 1959. – Вып. 29. – С. 12–26.
13. Мальхотра С. С. Биохимическое и физиологическое действие приоритетных загрязняющих веществ / С. С. Мальхотра, А. А. Хан // Загрязнение воздуха и жизнь растений. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – С. 144–189.
14. Попов З. А. Природные факторы в борьбе с загрязнением атмосферы / З. А. Попов, К. И. Попов // Опыт и методы экологического мониторинга. – Пушкино, 1978. – С. 78–82.
15. Рязанов В. А. Основные проблемы санитарной охраны атмосферного воздуха // Биологическое действие и гигиеническое значение атмосферных загрязнений. – М.: Медицина, 1967. – С. 132–138.

16. **Сергейчик С. А.** Экологическая физиология хвойных пород Беларуси в техногенной среде / С. А. Сергейчик, А. А. Сергейчик, Е. А. Сидорович. – Минск: Беларуская наука, 1989. – 199 с.
17. **Тарабрин В. П.** Использование зеленых насаждений для оптимизации среды в зоне загрязнения предприятий черной металлургии / В. П. Тарабрин, Л. В. Чернышева, Р. И. Пельтихина // Растения и промышленная среда. – Свердловск: Изд-во УГУ, 1984. – С. 101–106.
18. **Тейлор К. О.** Реакции высших растений на фотохимические и другие атмосферные загрязнители на организменном уровне // Загрязнение воздуха и жизнь растений. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – С. 247–272.
19. **Фитотоксичность** органических и неорганических загрязнителей / В. П. Тарабрин, Е. И. Кондратюк, В. Г. Башкатов и др. – К.: Наукова думка, 1986. – 216 с.
20. **Определение** фтора в растительном организме / Л. А. Хаземова, Т. Л. Разовская, Н. В. Круглова, Т. К. Качалова // Агрохимия. – 1983. – № 6. – С. 66–72.
21. **Цельникер Ю. Л.** Определение листовой массы древостоев без отрывания листьев // Бот. журн. – 1963. – Т. 48, № 4. – С. 552–563.
22. **Fate of air pollutants: removal of ethylene, sulphur dioxide and nitrogen dioxide, by soil** / F. B. Abelesatal, L. E. Craker, L. E. Forrence, G. R. Leather // Science. – 1971. – Vol. 173. – P. 914–916.
23. **Jurkowska H.** Skazenie gleb i roglin zwiaskami siarki i fluoru / H. Jurkowska, T. Litynski // Pr. Inst. mat., fir i chem. Pzubeł. – 1984. – N 4. – S. 132–152.
24. **Thomas M. D.** The effect of fluoride on plants / M. D. Thomas, E. W. Alter // Handbuch der experimentallen Pharmakologie. – Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1966. – Vol. 20, N 1. – P. 231–366.

Надійшла до редколегії 20.09.2006